

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-112482

(43)公開日 平成9年(1997)5月2日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 4 D 19/04		0362-3H	F 0 4 D 19/04	A
F 1 6 C 32/04			F 1 6 C 32/04	A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

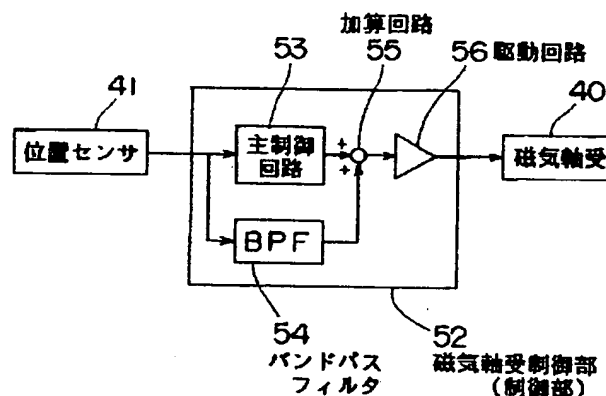
(21)出願番号	特願平7-273215	(71)出願人	000001247 光洋精工株式会社 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(22)出願日	平成7年(1995)10月20日	(72)発明者	久保 厚 大阪市中央区南船場三丁目5番8号 光洋精工株式会社内
		(72)発明者	上山 拓知 大阪市中央区南船場三丁目5番8号 光洋精工株式会社内
		(74)代理人	弁理士 亀井 弘勝 (外1名)

(54)【発明の名称】 ターボ分子ポンプ

(57)【要約】

【課題】磁気軸受を備えたターボ分子ポンプの排気口に補助用ポンプが接続される場合、補助用ポンプの駆動モータの電源周波数の振動が磁気軸受に悪影響を及ぼすことがある。

【解決手段】本ターボ分子ポンプでは、磁気軸受40を制御する磁気軸受制御部52において、位置センサ41の出力信号に基づきP I D制御を行なう主制御回路53の出力信号に、上記の電源周波数に中心周波数 $f_c$ を持つバンドパスフィルタ54によって得た位置センサ41の出力信号の周波数 $f_c$ 近傍の成分を、加算回路55によって加算し、その出力信号で駆動回路56を駆動する。制御特性は、周波数 $f_c$ 近傍でゲインが高められ、磁気軸受40の剛性が向上し、振動の悪影響を抑制できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】排気用の翼が取り付けられたロータ軸を回転可能に非接触支持する磁気軸受を有するターボ分子ポンプ本体と、

ロータ軸の位置を検出する位置センサの検出信号に基づいて、上記磁気軸受を制御する制御部と、

を備え、ターボ分子ポンプ本体の排気口には、駆動モータによって駆動される補助用ポンプが接続されるターボ分子ポンプにおいて、

上記制御部は、補助用ポンプの振動に対して磁気軸受の剛性を高めるように、駆動モータの電源周波数におけるゲインが高められた制御特性を有していることを特徴とするターボ分子ポンプ。

【請求項2】請求項1記載のターボ分子ポンプにおいて、

上記制御部は、位置センサの検出信号が入力され、この検出信号を所定の伝達関数に基づいて演算処理して出力する主制御回路と、

位置センサの検出信号が入力され、中心周波数が上記電源周波数に設定されたバンドパスフィルタと、

主制御回路の出力信号と、バンドパスフィルタの出力信号とを加算して出力する加算回路と、

加算回路の出力信号を受けて上記磁気軸受を駆動する駆動回路とを含むことを特徴とするターボ分子ポンプ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体製造装置で利用される真空排気装置等に用いられるターボ分子ポンプに関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、上記の真空排気装置では、高真空ポンプとして上記ターボ分子ポンプと、ターボ分子ポンプの排気口に配管を介して接続したベーンポンプ等の補助用ポンプとが備えられている。ターボ分子ポンプには、排気用の翼が取り付けられたロータ軸を回転可能に非接触支持する磁気軸受が備えられていた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、磁気軸受が加振され、ターボ分子ポンプに悪影響を及ぼしてしまうことがあった。この原因を追求した結果、本願出願人は次の知見を得るに至った。すなわち、上記の補助用ポンプが、通常の商用電源を用いた駆動モータによって駆動される場合には、駆動モータの電源周波数である50Hzまたは60Hzに主成分を持つ振動を生じることがある。この振動が配管を介して、ターボ分子ポンプに伝達され、上記磁気軸受が加振されるわけである。

【0004】そこで、本発明の目的は、補助用ポンプの駆動モータの電源周波数における振動による悪影響を抑制したターボ分子ポンプを提供することである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、

(1) 請求項1に係る発明のターボ分子ポンプは、排気用の翼が取り付けられたロータ軸を回転可能に非接触支持する磁気軸受を有するターボ分子ポンプ本体と、ロータ軸の位置を検出する位置センサの検出信号に基づいて、上記磁気軸受を制御する制御部とを備え、ターボ分子ポンプ本体の排気口には、駆動モータによって駆動される補助用ポンプが接続されるターボ分子ポンプにおいて、上記制御部は、補助用ポンプの振動に対して磁気軸受の剛性を高めるように、駆動モータの電源周波数におけるゲインが高められた制御特性を有していることを特徴とするものである。

【0006】上記構成によれば、磁気軸受は、駆動モータの電源周波数における剛性を制御部によって高められているので、電源周波数の加振を受けても、影響を少なくすることができる。従って、補助用ポンプの電源周波数における振動が、磁気軸受に伝達される場合でも、磁気軸受はロータ軸を安定して支持することができ、ターボ分子ポンプの運転に悪影響は及び難い。

【0007】(2) 請求項2に係る発明のターボ分子ポンプは、請求項1記載のターボ分子ポンプにおいて、上記制御部は、位置センサの検出信号が入力され、この検出信号を所定の伝達関数に基づいて演算処理して出力する主制御回路と、位置センサの検出信号が入力され、中心周波数が上記電源周波数に設定されたバンドパスフィルタと、主制御回路の出力信号と、バンドパスフィルタの出力信号とを加算して出力する加算回路と、加算回路の出力信号を受けて上記磁気軸受を駆動する駆動回路とを含むことを特徴とするものである。

【0008】上記構成によれば、加算回路の出力信号は、主制御回路の出力信号に、電源周波数の付近の信号が加算されたものとなるので、制御部は、主制御回路の制御特性に比べて、電源周波数の付近におけるゲインが高められたのと同様の制御特性を実現することができる。よって、請求項1に係る発明の作用と同様の作用を得ることができる。

## 【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1の実施の形態を、このターボ分子ポンプを用いた真空排気装置を一例に、添付図面を参照しながら詳細に説明する。図1は、上記の真空排気装置の概略構成の模式図である。この真空排気装置には、真空を実現するために周囲と区画された真空チャンバ1と、真空チャンバ1内と吸入口が連通し、真空チャンバ1内の空気分子を吸引する高真空ポンプとしてのターボ分子ポンプ本体2と、ターボ分子ポンプ本体2の排気口31(図2参照)に配管6を介して接続されるベーンポンプからなる補助用ポンプ3と、補助用ポンプ3を所定の電源周波数の商用交流電源からの電力によって駆動する駆動モータ4と、ターボ分子ポンプ

本体2を制御するための部分として、後述する磁気軸受制御部52、ビルトインモータ21の駆動回路(図示せず)等と真空排気装置の電源回路を有した電源部5とを備えている。

【0010】電源部5のターボ分子ポンプ本体2を制御するための部分、及びターボ分子ポンプ本体2によって、ターボ分子ポンプ7が構成されている。以下、ターボ分子ポンプ7について説明する。図2は、ターボ分子ポンプ本体2の一部断面正面図である。ターボ分子ポンプ本体2は、内部にロータ室22を区画する略円筒形のケーシング23と、ケーシング23内の中央部にあって、上下方向に延びて回転自在に支持されたロータ軸26と、ロータ軸26に同軸で取り付けられ、周面上に排気用の多数の翼24を設けられ、ロータ室22内で回転することによって排気する略円筒形のロータ25と、ロータ25とロータ軸26との間及び下方にあって、ケーシング23とともにロータ室22を区画し、ロータ室22内からの上記排気口31を有する下部ケーシング27とを備えている。

【0011】また、下部ケーシング27には、ロータ軸26の周囲に上方から、以下の各機器が取り付けられている。すなわち、ロータ軸26の保護軸受であるいわゆるタッチダウン軸受28と、ロータ軸26の軸線に直交する方向の変位を検知するラジアル位置センサ29と、ロータ軸26を軸線に直交する方向に磁気力によって非接触で回転自在に支持するラジアル磁気軸受30と、ロータ軸26を回転する上記ビルトインモータ21と、上記ラジアル磁気軸受30と、上記ラジアル変位センサ29と、上記タッチダウン軸受28とが備えられている。

【0012】また、ロータ軸26の下端部の周囲には、ロータ軸26を軸方向に磁気力によって非接触で回転自在に支持するアキシアル磁気軸受33と、ロータ軸26の軸方向の変位を検知するアキシアル位置センサ34とが備えられている。アキシアル磁気軸受33は、ロータ軸26に固定された円板32を挟んで、軸方向に対向して配置された一対の電磁石からなっている。この近傍での軸方向についてのロータ軸26の変位を検出できるように、上記アキシアル位置センサ34が配置されている。

【0013】また、ラジアル磁気軸受30は、ロータ軸26の軸方向に直交する所定方向に沿って、ロータ軸26を挟んで対向して配置された一対の電磁石からなり、ロータ軸26の上下のそれぞれに、所定方向が互いに直交するようにして、計4対が設けられている。それぞれの近傍に、所定方向についてロータ軸26の変位を検出できるように、上記ラジアル位置センサ29が配置されている。

【0014】このように、アキシアル磁気軸受33及びラジアル磁気軸受30のそれぞれ(以下「磁気軸受」という)には、各磁気軸受に対応するアキシアル位置セン

サ34及びラジアル位置センサ29の何れか(以下「位置センサ」という)が配置されている。この位置センサは、ロータ軸26の表面との間に形成される微小隙間による近接容量変化で変位を検知する渦電流方式のものが用いられる。その検出信号が上記磁気軸受制御部52に inputs され、磁気軸受の制御に利用される。

【0015】図3は、磁気軸受制御部52のブロック図である。磁気軸受制御部52は、上記の磁気軸受及び対応する位置センサ毎に設けられている。磁気軸受制御部52は、位置センサ41の検出信号が入力され、所定の伝達関数に基づいて演算処理して出力することによって制御、例えば、PID制御を行なう主制御回路53と、位置センサ41の検出信号が入力され、通過させる信号帯域の中心周波数 $f_c$ が上記駆動モータ4の電源周波数、例えば商用交流電源の周波数の60Hzに設定されたバンドパスフィルタ(BPF)54と、主制御回路53の出力信号と、バンドパスフィルタ54の出力信号とを加算して出力する加算回路55と、加算回路55の出力信号を受けて磁気軸受40を駆動する駆動回路56とを備えている。

【0016】次に、磁気軸受制御部52の動作を具体的に説明する。図4は、磁気軸受制御部52の制御特性図であり、(a)に主制御回路53の出力について、

(b)にバンドパスフィルタ54の出力について、

(c)に加算回路55の出力について、横軸に周波数、縦軸にゲインを示している。位置センサ41の検出信号は、主制御回路53に入力される。主制御回路53は、ロータ軸26の位置が移動すると、その位置をもとに戻すように、検出信号を演算処理して駆動回路56への指令信号を出力する。この出力特性は、例えば、図4(a)に示されているようになっている。

【0017】従来は、この指令信号に応じて、駆動回路56は磁気軸受40を駆動していた。なお、上記の図4(a)の出力特性は従来と同様に設定されている。本発明の特徴は、以下のように、バンドパスフィルタ54の出力信号が、上記指令信号に加算される点にある。すなわち、上記位置センサ41の検出信号は、バンドパスフィルタ54にも入力される。その結果、図4(b)に示すように、バンドパスフィルタ54によって中心周波数 $f_c$ 近傍の周波数成分のみが出力される。この出力信号が加算回路55によって上記指令信号に加算されると、出力特性は図4(c)に示すように、図4(a)の特性に比べて中心周波数 $f_c$ 近傍のゲインが高められる結果、中心周波数 $f_c$ 近傍の周波数成分が高められた指令信号が得られる。駆動回路56は、指令信号に応じて、磁気軸受40の電磁石に通電する電流の大きさを可変することによって、ロータ軸26に対する磁気軸受40の磁気力を制御する。

【0018】上記の制御特性によれば、入力信号である位置センサ41の検出信号の一定の大きさに対して、中

心周波数  $f_c$  近傍の周波数においては、磁気軸受40の磁気力が強められる。従って、ターボ分子ポンプ7のロータ軸26に所定の変位量を与えるために、ロータ軸26に作用させる力はより大きくなる。このことは、ロータ軸26の支持剛性である磁気軸受40の剛性が大きくなることを示している。

【0019】図5に、ターボ分子ポンプ7のラジアル磁気軸受30の剛性の周波数特性図を示す。ここで、ラジアル磁気軸受30の剛性とは、ラジアル磁気軸受30のロータ軸26を支持する所定方向に対して、所定方向の所定の変位量を得るためにロータ軸26に作用させた力の大きさを表される。上記のようにこの剛性は、磁気軸受制御部52のゲインと比例するので、周波数特性も同様の傾向を有している。図5に示すように、ラジアル磁気軸受30の剛性は、従来のターボ分子ポンプでの磁気軸受の剛性の周波数特性（図5に一点鎖線C2で示す）に対して、駆動モータ4の電源周波数である60Hz近傍において高められている。なお、アキシアル磁気軸受33の剛性の周波数特性についても同様である。

【0020】このように、磁気軸受40の剛性が、駆動モータ4の電源周波数近傍で高いので、この周波数の成分を持つ振動が磁気軸受40に作用しても、その影響を少なくすることができる。従って、電源周波数に成分をもつ補助用ポンプ3の振動が、仮に磁気軸受40に伝達される場合でも、磁気軸受40はロータ軸26を安定して支持することができ、ターボ分子ポンプ7の運転に及ぶ悪影響を抑制することができる。

【0021】また、各磁気軸受の剛性を、電源周波数の付近のみで高めているので、それ以外の周波数における剛性、及び磁気軸受の制御特性の変化は少ない。従って、上記の振動の抑制に伴って、新たな不具合が生ずる虞も少ない。次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。本実施の形態では、第1の実施の形態における磁気軸受制御部52に代えて、磁気軸受制御部60が用いられており、他の部分は同様である。よって、第1の実施の形態と同様の部分は、同じ符号を付している。

【0022】図6は、磁気軸受制御部60のブロック図である。磁気軸受制御部60は、位置センサ41の検出信号が入力され、所定の伝達関数に基づいて演算処理して出力することによって制御を行なうデジタルシグナルプロセッサ(DSP)61と、DSP61の出力信号を受けて上記磁気軸受40を駆動する駆動回路56とを備えている。

【0023】上記DSP61は、信号処理用回路素子であり、内蔵するCPU、ハードウェア、ソフトウェア等によって所望の信号処理を行なうように、ハードウェア、ソフトウェアを予め設定することができる。本実施の形態では、このDSP61は、第1の実施の形態で説明した主制御回路53、バンドパスフィルタ54、加算回路55を含む部分によって得られる出力特性、具体的

には図4(c)で示される伝達関数の特性を有するように設定されている。

【0024】従って、磁気軸受制御部60の制御特性は、第1の実施の形態の磁気軸受制御部52と同様の制御特性を実現できるので、ターボ分子ポンプ7の磁気軸受40の剛性の周波数特性も同様の特性を有し、第1の実施の形態と同様の作用効果を奏するものである。このように、振動の影響を抑制するための上記のバンドパスフィルタ54と加算回路55の追加や、DSP61のプログラム変更等の方法は、他の方法、例えば、配管6、補助用ポンプ3等の変更等に比べて容易に行なうことができる。従って、容易にこのターボ分子ポンプ7を用いた真空排気装置を安定して運転することができる。

【0025】なお、上記第1の実施の形態では、バンドパスフィルタ54、加算回路55等の回路によって、また、第2の実施の形態では、DSP61によって、上記図4(c)で示される伝達関数の特性を実現したが、この特性を得られれば、方法は限定されない。また、上記の磁気軸受制御部52、60においてゲインの高められた周波数、例えば、第1の実施の形態のバンドパスフィルタ54の中心周波数  $f_c$  は、駆動モータ4の電源周波数として、商用交流電源の周波数が設定されていたが、これには、限定されない。たとえば、駆動モータ4が、商用交流電源を直流に変換し、この直流を所定の交流に変換するインバータを利用して駆動される場合には、上記のゲインの高められた周波数を、インバータによって変換された周波数としてもよい。

【0026】また、上記の磁気軸受制御部52、60は、ラジアル磁気軸受30及びアキシアル磁気軸受33のそれぞれの剛性を高めていたが、何れか一つの磁気軸受の剛性が高められているだけでもよい。その他、本発明の要旨を変更しない範囲で種々の設計変更を施すことが可能である。

【0027】

【発明の効果】請求項1に係る発明によれば、磁気軸受の剛性は、駆動モータの電源周波数において制御部によって高められているので、磁気軸受は、補助用ポンプの電源周波数における振動の影響を受けにくく、ロータ軸を安定して支持することができる。従って、ターボ分子ポンプも安定して運転することができる。

【0028】請求項2に係る発明によれば、バンドパスフィルタと加算回路によって、電源周波数の付近におけるゲインを高めた制御特性を実現することができるので、請求項1に係る発明の効果と同様の効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るターボ分子ポンプを用いた真空排気装置の概略構成の模式図である。

【図2】ターボ分子ポンプ本体の一部断面正面図である。

【図3】磁気軸受制御部のブロック図である。

【図4】制御部の制御特性図であり、(a)に主制御回路の制御特性を、(b)にバンドパスフィルタの出力特性を、(c)に加算回路の出力信号の特性を示す。また、横軸に周波数、縦軸にゲインを示す。

【図5】ターボ分子ポンプの磁気軸受の動剛性の特性図である。

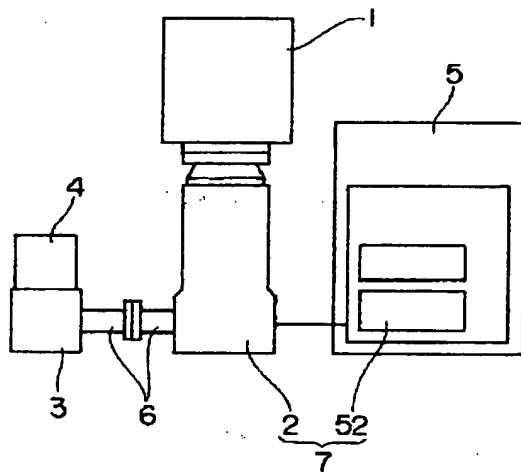
【図6】第2の実施の形態の磁気軸受制御部のブロック図である。

【符号の説明】

- 2 ターボ分子ポンプ本体
- 3 補助用ポンプ
- 4 駆動モータ
- 7 ターボ分子ポンプ
- 24 翼

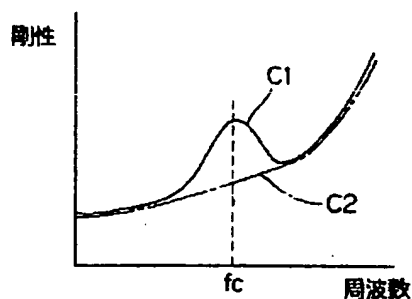
- 26 ロータ軸
- 29 ラジアル変位センサ(位置センサ)
- 30 ラジアル磁気軸受(磁気軸受)
- 31 排気口
- 33 アキシャル磁気軸受(磁気軸受)
- 34 アキシャル変位センサ(位置センサ)
- 40 磁気軸受
- 41 位置センサ
- 52 磁気軸受制御部(制御部)
- 53 主制御回路
- 54 バンドパスフィルタ
- 55 加算回路
- 56 駆動回路
- 60 磁気軸受制御部(制御部)

【図1】

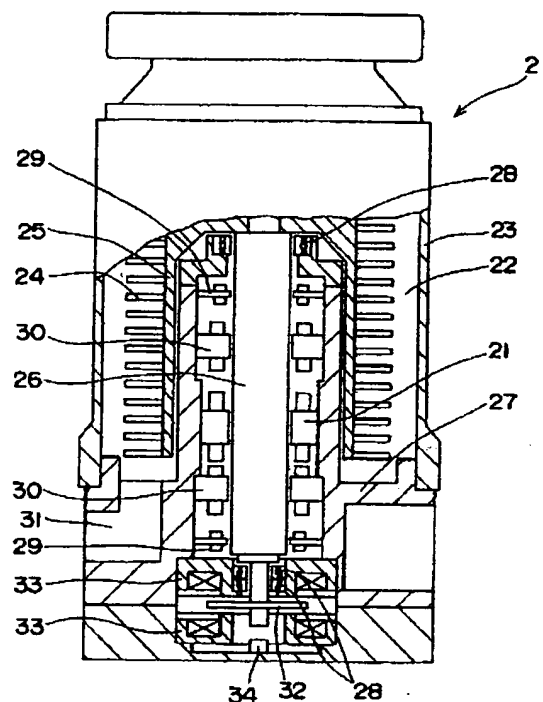


- 2...ターボ分子ポンプ本体
- 3...補助用ポンプ
- 4...駆動モータ
- 7...ターボ分子ポンプ
- 52...磁気軸受制御部(制御部)

【図5】

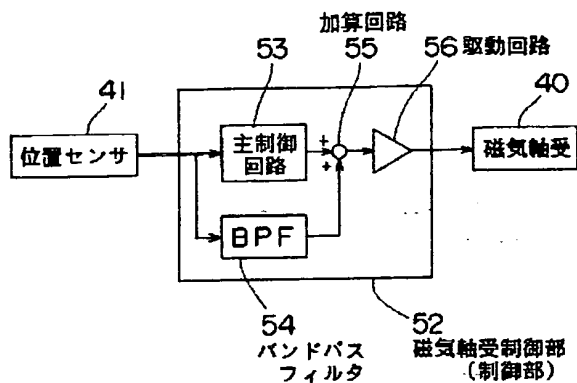


【図2】

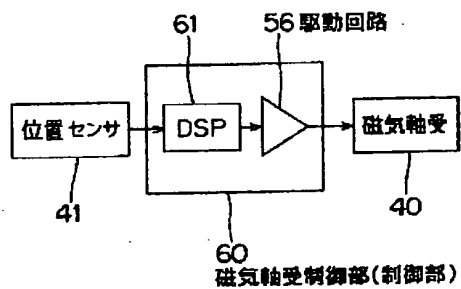


- 2...ターボ分子ポンプ本体
- 24...翼
- 26...ロータ軸
- 29...ラジアル変位センサ(位置センサ)
- 30...ラジアル磁気軸受(磁気軸受)
- 31...排気口
- 33...アキシャル磁気軸受(磁気軸受)
- 34...アキシャル変位センサ(位置センサ)

【図3】



【図6】



【図4】

